

# Návrh výpočetních projektů do výuky

Proposal of calculation projects

Jiří Tomáš

Bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Radomír Goňo Ph. D.

Ostrava, Rok 2021

## Abstrakt

V této bakalářské práci si přečtete něco stručného obnovitelných zdrojích. Jako první jsou v pořadí větrné elektrárny, poté něco o vzniku fotovoltaických článků.

Dále zjednodušené výpočty bilancí, jak větrné, tak i světelné elektrárny. Např. jejich návratnosti, popř. jejich využitelnost.

K poslednímu bodu je samotné vytvoření verze protokolu/projektu, která může sloužit pro výukové účely.

## Abstract

In this bachelor's thesis you will read something brief of renewable resources.

Wind power plants are first, then something about the formation of photovoltaic cells and their first use.

Futhermore, simplified calculations of balances, both wind and light power plants. E.g. their return, or their usability.

The last point is the creation of a version of the protocol/project, which can be used for education purposes.

## Klíčová slova

Větrná energie, solární energie, solární články, P-N přechod, historie, současnost, česká republika, balance, protokol, projekt

## Keywords

Wind energy, solar energy, solar cells, P-N transition, history, present, Czech Republic, balance, protocol, project

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu prof. Ing. Radomíru Goňovi Ph. D. za trpělivost, poskytnuté materiály pro vypracování samotné práce a za jeho ochotu. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu po celou dobu studia na VŠB-TUO.

# Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů .....	4
Seznam ilustrací a seznam tabulek.....	5
Úvod .....	6
1 Větrné elektrárny .....	7
1.1 Historie větrných elektráren .....	7
1.2 Druhy větrných turbín: .....	8
1.3 Komponenty větrné elektrárny: .....	10
1.4 Výroba částí větrné elektrárny .....	12
1.5 Rychlost větru v ČR.....	14
2 Fotovoltaické elektrárny.....	15
2.1 Historie fotovoltaiky .....	15
2.2 Princip fotovoltaického jevu a vzniku elektřiny.....	16
2.3 Rozdělení fotovoltaických článků .....	16
Monokrystalické články .....	16
Polykrystalické články .....	17
Amorfní články.....	17
2.4 Fotovoltaický panel .....	18
2.3 Fotovoltaika v ČR.....	19
3 Zjednodušená bilance větrné elektrárny.....	21
4 Zjednodušená bilance fotovoltaické elektrárny .....	22
5 Varianta protokolu/projektu .....	26
Závěr .....	35

## Seznam použitých zkratk a symbolů

$C_v$	Výkupní cena energie	Kč/kWh
E	Elektronvolt	eV
FVE	Fotovoltaická elektrárna	
v	Kilometr za hodinu	Km/h
$K_r$	Roční využití instalovaného výkonu	%
P	Kilowatt hodina	kWh
P	Kilowatt peak	kW <sub>p</sub>
l	Metr	m
v	Metr za sekundu	m/s
f	Megahertz	MHz
l	Milimetr	mm
P	Megawatt hodina	MWh
P	Megawatt peak	MW <sub>p</sub>
l	Nanometr	nm
RPM	Otáčky za minutu	Ot/min
$P_i$	Instalovaný výkon	W
U	Volt	V
$V_m$	Měsíční výnos	Kč
VTE	Větrná elektrárna	
P	Wathodina	wh
$W_m$	Vyrobena energie za měsíc	Kč
$W_r$	Vyrobena energie za rok	kW/h

## Seznam ilustrací a seznam tabulek

Obrázek 1 První větrná elektrárna .....	7
Obrázek 2 Vztlková turbína .....	8
Obrázek 3 Odporová turbína .....	8
Obrázek 4 Vertikální turbína .....	9
Obrázek 5 Horizontální turbína .....	9
Obrázek 6 Větrný park.....	9
Obrázek 7 Rotor ve tvaru H .....	10
Obrázek 8 Darrieova Turbína .....	10
Obrázek 9 Komponenty VTE.....	10
Obrázek 10 Planetová převodovka 2MW.....	11
Obrázek 11 Větrná farma London Array .....	11
Obrázek 12 Schéma negativní formy .....	12
Obrázek 13 Příruba prstence.....	12
Obrázek 14 Prstenec segmentu .....	12
Obrázek 15 Ocelový fundament.....	13
Obrázek 16 Připravený betonový základ pro VtE .....	13
Obrázek 17 Betonová deska .....	14
Obrázek 18 Armovací výztuž .....	14
Obrázek 19 . Průměrná rychlost větru v ČR .....	14
Obrázek 20 První solární panely na střeše budovy Ch. Frittse .....	15
Obrázek 21 . Fotovoltaický článek.....	16
Obrázek 22 Monokrystalický článek.....	17
Obrázek 23 Polykrystalický článek .....	17
Obrázek 24 Amorfni článek .....	17
Obrázek 25 . Zatěžovací charakteristika fotovoltaického panelu .....	18
Obrázek 26 Roční úhrn slunečního záření v ČR [w/m <sup>2</sup> ] .....	19
Obrázek 27 Fotovoltaická elektrárna Dukovany .....	20
Obrázek 28 Instalovaný výkon FVE v ČR.....	20
Obrázek 29 Lokalita solární elektrárny.....	23
Obrázek 30 Zadané a vypočtené hodnoty simulace .....	23
Obrázek 31 Graf průběhu vyrobené energie za rok používání.....	24
Tabulka 1 Výkupní ceny energie.....	22
Tabulka 2 Roční výroba elektřiny .....	24
Tabulka 3 Souhrn energií a finančních prostředků za 15 let provozu .....	25
Tabulka 4 Souhrn výnosu a návratnosti solární elektrárny.....	25
Tabulka 5 Tabulka vypočtených hodnot pro rok 2007 .....	27
Tabulka 6 Tabulka vypočtených hodnot pro rok 2008.....	29
Tabulka 7 Tabulka vypočtených hodnot pro rok 2009.....	31
Tabulka 8 Tabulka vypočtených hodnot pro rok 2010.....	33

## Úvod

Jako první se v této bakalářské práci dozvíme něco o větrných elektrárnách. Jejich historii, druhy turbín, jejich samotné komponenty, které se nalézají uvnitř ústrojí, a nakonec ve zkratce, jak se taková větrná elektrárna staví a co všechno je k tomu potřeba.

V druhém bodě se dozvíme něco o vzniku fotovoltaického článku, jeho první použití-jak osobní, tak komerční – dále potom princip fotovoltaického jevu a složení fotovoltaického článku. Načež rozdělení fotovoltaických článků, jejich vlastnosti a jejich orientační účinnosti. Poté historický vývoj v české republice a začátky stavění fotovoltaických elektráren a systému v ČR.

V dalším bodě je zpracována zjednodušená bilance větrné elektrárny, která znázorňuje výpočet výdělku, roční využitelnosti a případné orientační návratnosti instalované větrné elektrárny.

Další bod je zaměřený taktéž na bilanci ,ale v tomto případě na bilanci fotovoltaické elektrárny, která je umístěna na konkrétním místě. Zde je použit výpočet výkonu na základu postupné roční degradaci panelu. Dále je vypočítaná návratnost této instalace při dodávání elektrické energie do sítě a při spotřebovávání vyrobené energie. Tyto výpočet je vztahován k patnácti rokům provozu této fotovoltaické elektrárny.

Jako poslední je uvedená varianta protokolu/projektu pro studenty. Takto navržená varianta by mohla sloužit pro studenty jako podklad pro vytvoření svého protokolu/projektu. Mohli by zde využít přibližný náhled, jak by měly vypadat grafy výkonu, popř. rychlosti větru a výkonnostní křivky.

# 1 Větrné elektrárny

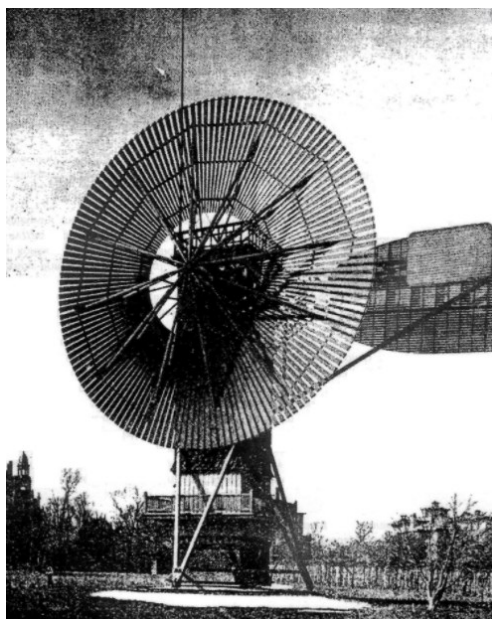
Větrné elektrárny jsou na pohled jednoduché zařízení, které nám vytváří elektrickou energii.

Působením aerodynamických sil větru na listy rotoru větrné elektrárny převádíme kinetickou energii na rotační a pomocí rotační energie na elektrickou. To je možné jen pomocí generátoru, který je umístěn v elektrárně a je připojen na konec hřídele.

## 1.1 Historie větrných elektráren

První větrná elektrárna (viz. Obr.1) se ve světě objevila na přelomu v letech 1887-88 ve Spojených Státech ve městě Cleveland zásluhou jistého vynálezce Charlese F. Brushe.

Tato elektrárna byla sestavena asi ze 144 paprskovitých lopatek poskládaných do kruhovitěho tvaru tak aby, daný rotor roztočily tyto listy byly ze dřeva. Rotor, který byl použit měl průměr asi 17 metrů. Tato elektrárna při roztočení na 500 ot/min dosahovala úctyhodného výkonu až 12kW elektrické energie. V Evropě se pak první větrná elektrárna objevila až v roce 1891 v Dánsku.



*Obrázek 1 První větrná elektrárna*

Technologický pokor ve vývoji se objevil až ve 40. letech 20. století. Průměry elektrárenských rotorů se zvětšovaly a vyvíjely se i nové listy rotoru. Nová konstrukce už více využívala aerodynamické principy. V letech 1940-44 Byly rozpory mezi tím, jestli má mít větrná elektrárna dva nebo tři listy rotoru, jejichž průměr se pohyboval mezi 17,5 – 20 metrů. Dánsko dokonce vyrobilo 20 takových to dvourotorových elektráren které měli pracovní rozmezí někde mezi 45–90 otáčkami za minutu. Také se začínaly nahrazovat železné věže za betonové.

Kultovní elektrárnou se v té době stal Gedserský mlýn, který byl dostavěn roku 1944. Byla to v té době nejspíše nejvýkonnější větrná elektrárna v Evropě. Její roční produkce elektrické energie činila cca 135 MWh. Byla 25 metrů vysoká na betonovém sloupu a roku 1957 vylepšena o nové listy rotoru, které navrhla samotná NASA. Díky využití nových listů, které byly aerodynamičtější a lépe převáděly kinetickou energii se podařilo zvýšit výkon této elektrárny ze 70 kW na 200 kW. [5]



## 1.2 Druhy větrných turbín:

-Odporové turbíny: Jsou starší než dnešní vztlačové turbíny a jsou i konstrukčně jednodušší. Jejich nevýhodou je ovšem nižší účinnost. Využívají princip rozdílu síly vzduchu, která na lopatky působí, aby se dosáhlo co největší účinnosti tak toto můžeme udělat dvěma způsoby:

### 1. Různým tvarem lopatek:

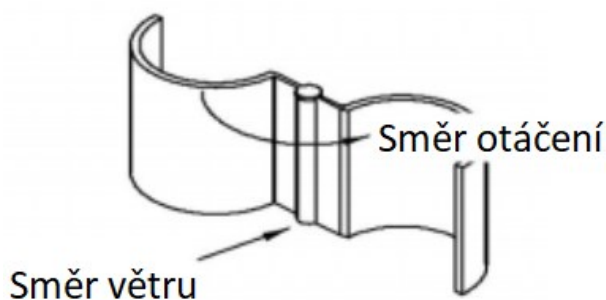
-Musíme zaručit to, aby každá lopatka při otočení měla jiný odpor vzduchu (aerodynamický odpor). Třeba tak že každá lopatka bude mít miskovitý tvar (viz. Obr. 3).

### 2. Natočením lopatek:

- Musíme lopatky natočit tak, aby na ně působila co největší síla větru. V závislosti na pozici rotoru a síle samotného větru.

- Vztlačové turíny:

Tento princip pracuje na principu podobném křídlu letadel (viz. Obr.2), kde jejich tvar způsobuje vztlak, který pak roztočí daný rotor. Jejich účinnost je vyšší než v předchozím případě a v dnešní době je nejpoužívanějším typem. [6]



Obrázek 3 Odporová turbína



Obrázek 2 Vztlačová turbína

Dále se potom můžou větrné elektrárny rozdělovat podle osy otáčení turíny na:

Horizontální: (viz. Obr.5) Tyto jsou v dnešní době nejpoužívanější. Musí vždy být natočeny proti větru, aby docházelo k roztočení lopatek rotoru. Většina takových to turbín má v sobě zabudovaný senzor směru a rychlosti větru, který tuto elektrárnu natočí a přizpůsobí tak, aby dosahovala co nejvyšší účinnosti. Ta se však v dnešní době pohybuje okolo 48 %. [6]

Vertikální: (viz. Obr.4) Oproti horizontálním, se nemůžou natáčet a přizpůsobovat se podmínkám. Jejich výhodou je ale lehčí údržba, jelikož hlavní součásti elektrárny např. generátor či převodovka, jsou umístěny pevně na zemi. Kdež to u předchozího typu to může být i 20 m nad zemí. Jejich další výhodou je že se méně ovlivňují v případě, že s nimi postavíme tzv. Větrnou farmu, jejich účinek na sousední elektrárny je malý a nijak aerodynamicky je neovlivňují. Ovšem jejich účinnost je o to menší, ta se pohybuje okolo 38 %. [6]



Obrázek 4 Vertikální turbína



Obrázek 5 Horizontální turbína



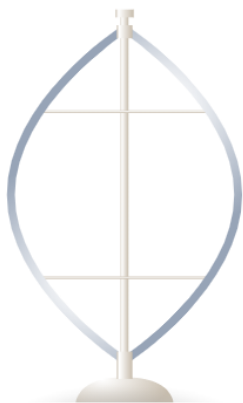
Obrázek 6 Větrný park

#### Rozdělení vertikálních větrných turbín:

Darrieova turbína: Ta využívá vztakového principu, kdy lopatky mají vejcovitý tvar. To má za důsledek, že je potřeba vyšší rychlosti větru pro to, aby se turbína dala do pohybu. Její účinnost se pohybuje v rozmezí 35–38 %. Jejich nároky na stavbu a pevnosti materiálu jsou vyšší než u ostatních. Jelikož patří mezi rychle se otáčející turbíny tak na listy působí velké odstředivé síly. Tyto turbíny se stavějí v několika variantách [7]

1. Gorlova šroubová turbína
2. Darrieova turbína (viz. Obr.8)
3. Rotor ve tvaru „H“ (viz. Obr.7)

Savoniova turbína: Tato turbína dosahuje maximální účinnosti 20 %, a je spíše používaná pro domácí použití v lokalitách se silným turbulentním prouděním. Pracuje na odporovém principu, tudíž může dojít k tomu že i když bude foukat vítr, naše turbína se neroztočí, jelikož fouká zrovna do mrtvého úhlu. Tento problém se odstraňuje tím, že použijeme šroubovitý tvar lopatek anebo zapojíme více takových to malých elektráren za sebou.[4]



Obrázek 8 Darrieova Turbína

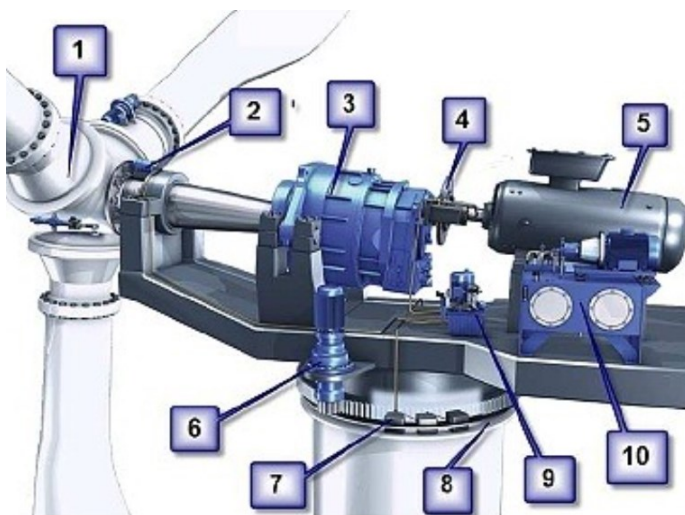


Obrázek 7 Rotor ve tvaru H

### 1.3 Komponenty větrné elektrárny:

Každá větrná elektrárna má své komponenty, bez kterých by nemohla fungovat a ty jsou:

1. Rotot
2. Brzda rotoru
3. Převodovka
4. Spojka a brzda generátorové hřídele
5. Generátor
6. Servo pro natáčení turbíny
7. Brzda otočného mechanismu
8. Ložiska
9. Hydraulický agregát brzd
10. Hydraulický agregát pro natáčení lopatek rotoru



Obrázek 9 Komponenty VTE

Dodatek: Díky tomu že větrná elektrárna větších rozměru se rychlost otáčení pohybuje mezi 5-20 otáčkami za minutu. Je třeba tyto otáčky znásobit tak, aby bylo možno roztočit samotný generátor, který by mohl dodávat energii do sítě. [18]

Toto docílíme tak že použijeme např. planetovou převodovku s určitým poměrem tak, aby vyhovoval otáčkám synchronního generátoru.



Obrázek 10 Planetová převodovka 2MW

Největší počet větrných elektráren je v tzv. větrném parku

Ve větrném parku musíme počítat s tím, že na sebe budou elektrárny nějak působit. Odhadovaná vzdálenost mezi jednotlivými elektrárnami je mezi 6 -10x násobku průměru rotoru. Ovšem u těch větších větrných parku je optimální vzdálenost až u 15x násobku průměru rotoru. V takových to parcích se stavějí elektrárny s výškou až 90 metrů. Listy takových to elektráren mají délku až 40 metrů a jejich obvodová rychlost dosahuje až 320 km/h. Obsahují spoustu bezpečnostních funkcí jako např. sklopení lopatek při vysoké rychlosti větru.

Takový to park nalezneme i v ČR, konkrétně v Ústeckem kraji, u obce Kryštofovy Hamry, kde je nainstalovaných 21 větrných elektráren s celkovým výkonem 42MW.

Pro větší efektivitu se větrné parky využívají i mimo pevninu, kdy se elektrárny montují na moře kde je stabilně vyšší rychlost větru, tím pádem i větší efektivita elektráren.

Jedna z větších offshore farem je u pobřeží Anglie nazývaná London Array, která disponuje 175 větrnými turbínami a jejich celkový výkon je 630 MW.

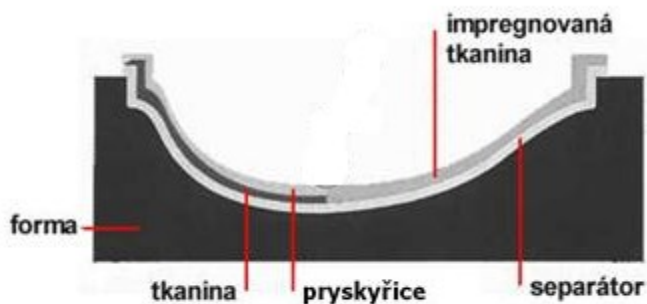


Obrázek 11 Větrná farma London Array

## 1.4 Výroba částí větrné elektrárny

### Výroba listu rotoru:

List rotoru větrné elektrárny se v dnešní době už vyrábí vrstvením jednoho ze tří teoretických možných materiálu jako je např. skelná, uhlíková nebo kevlarová tkanina. Tyto kusy, například skelného laminátu se vkládají do tzv. negativní formy konečného výrobku viz. Obr 2.2. Forma je předem vystříkaná separátorem, který nám zajistí to abychom mohli hotový kus výrobku snadno dostat z formy ven. Laminátové kusy vrstvy se potírají směsí epoxidové pryskyřice a tvrdila pro spojení všech vrstev laminátu. Pro vytvoření kompletního listu rotoru je potřeba mít dvě negativní formy, které se následně spojí v jednu pomocí epoxidové pryskyřice, a tak nám vznikne kompletní list rotoru, který je lehký a pružný. [1]



Obrázek 12 Schéma negativní formy

### Výroba stožáru:

Ocelový tubusový stožár je v Evropě nejpoužívanějším typem. Vyrábí jej firma SIAG, která sídlí v Chrudimi. Stožáry mají obvykle výšku v rozmezí 40-105 m, přičemž segmenty, ze kterých se skládají můžou dosahovat výšky až 25 m. Každý segment se svařenec skruženého plechu železa o určité tloušťce. Při výrobě se používají tloušťky plechu 12-45 mm, to se určuje podle polohy daného segmentu v konečné stavbě elektrárny. Při patě elektrárny se tloušťky stěny pohybují mezi 30-45 mm. Naopak u vrcholu elektrárny je to 12 mm. Každý prstenec je po skružení podélně svařen tak aby držel svůj tvar viz. Obr 14. Jeden segment stožáru se poté složí z několika takto vyrobených prstenců pomocí přírub viz. Obr. 13., které jsou navařeny uvnitř prstence a pevně se spojí šrouby.[3]



Obrázek 14 Prstenec segmentu



Obrázek 13 Příruba prstence



Pro kontrolu kvality svařeného dílu se používá několik metod. Jednou z nepřesnějších metod je ultrazvuková kontrola, kdy se každý svár po celé jeho délce kontroluje ultrazvukem. Využívá se skutečnosti, že kovy dobře vedou zvuk, a v tomto případě platí že čím větší frekvence tím menší kazy dokáže tato nedestruktivní metoda odhalit, proto se využívá rozmezí frekvence od 0,5MHz až po 25 MHz.[3]

#### Stavba betonového základu:

Tento popis se bude vztahovat pro VtE s výkonem 2 MW.

Tato elektrárna bude mít průměr rotoru 90 m, hmotnost gondoly a rotoru 106 tun. Ocelový tubus o výšce 105 metrů a hmotnosti stožáru 225 tun.

Před tím, než se může uskutečnit samotná montáž větrné elektrárny je třeba ji vybudovat kvalitní základ. Již několik týdnů před samotnou montáží se začne zkoumat samotné podloží místa kde má být elektrárna vystavěna. Provádí se geologický průzkum spodních vrstev zeminy. Pokud podloží vyhovuje, začne se s odklizením zeminy. Prvotní plocha, která je vybetonovaná má rozměry 15,9 metrů čtverečních a tloušťku necelých 80 mm. Viz. Obr.18.

Na tuto betonovou desku se poté usadí ocelový fundament viz. Obr.15 V našem případě má tento fundament průměr kolem 4 metrů a váží cca 28 tun. Ve fundamentu jsou připraveny díry pro ocelové tyče a kruhové otvory ve spodní části, které slouží pro vyvedení kabeláže.

Ustavení toho dílu do vodorovné polohy je velice důležité, jelikož by se i milimetrová nerovnost mohla na vrcholu VtE projevit v centimetrech i více. Na dokonalé vodorovné ustavení nám slouží tzv. distanční šrouby.

Dále se okolo základní betonové desky udělá bednění a pomocí 40 tun ocelových tyčí se vytvoří klec v celém prostoru kolem fundamentu. Tomuto kroku se říká „armování“ viz. Obr.17. Oblast styku fundamentu a betonu je natřena „plastickým“ nátěrem, který nám zaručí určitou kompenzaci roztažnosti obou materiálů v nepříznivých podmínkách.

V neposledním kroku se celé toto bednění zalije betonem, kterého se spotřebuje cca 500 m<sup>3</sup>. Takto zalitý základ se nechá 5 týdnů vysychat, a nakonec se celý povrch natře asfaltovým nátěrem. Poté je betonový základ připravený pro sestavení VtE viz. Obr. 16. [2; 3]



Obrázek 16 Připravený betonový základ pro VtE



Obrázek 15 Ocelový fundament



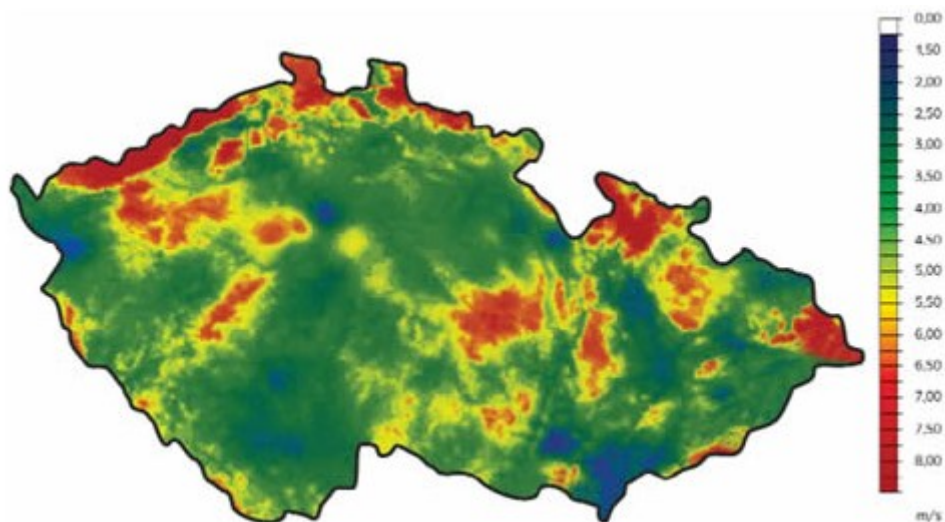
Obrázek 18 Armovací výztuž



Obrázek 17 Betonová deska

### 1.5 Rychlost větru v ČR

Jak můžeme vidět na obr. 2.9. tak na největším pokrytí se dle odhadu pohybuje vítr o rychlosti 3-4 m/s. Nejvyšší naměřené rychlosti jsou ve vyšších nadmořských výškách. Dle toho obrázku můžeme usoudit, že vyšší rychlosti větru se pohybují v Krušných horách, Lužické a Jizerské hory, Jeseníky společně s Kralickým Sněžníkem a Beskyd a část Bílých Karpat, kde se rychlost větru pohybuje kolem 8 m/s. V Českém Středohoří a Českomoravské vrchovině už tak vysoké rychlosti nejsou.



Obrázek 19 . Průměrná rychlost větru v ČR

## 2 Fotovoltaické elektrárny

### 2.1 Historie fotovoltaiky

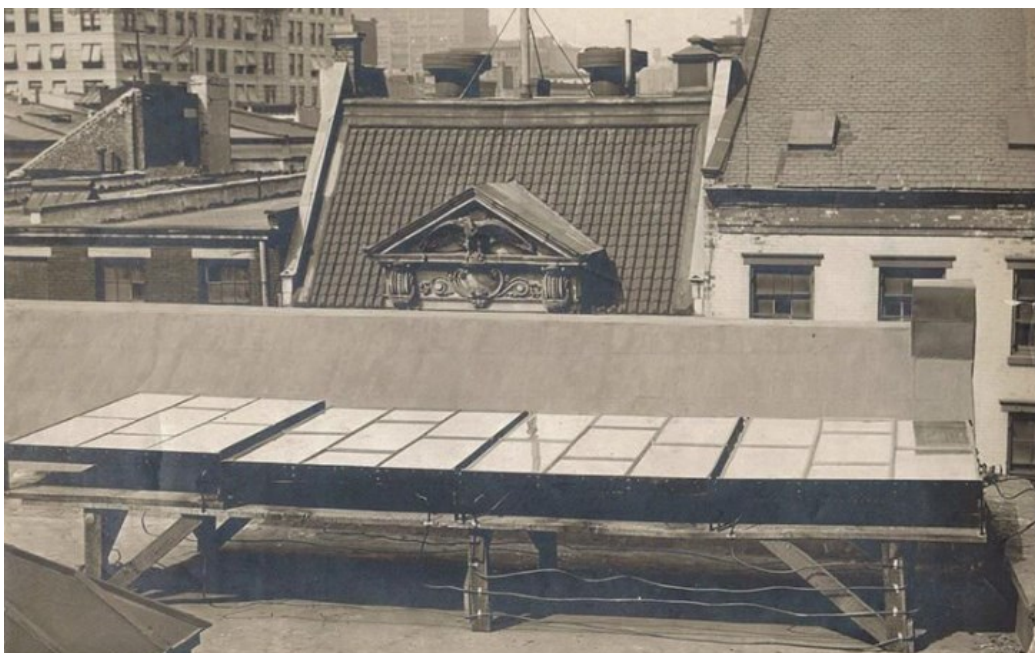
Fotoelektrický jev byl prvně zaznamenán v roce 1839 jistým fyzikem Edmondem Becquerelem. Ten tento jev zpozoroval, když ponořil dvě elektrody do kapaliny (roztoku) a zjistil že mezi elektrodami teče elektrický proud a jeho velikost se mění v závislosti na intenzitě osvětlení. Ale fyzikální princip fotoelektrického jevu popsal teoreticky až v roce 1905 Albert Einstein. Ten přišel na to, že energie uvolněného elektronu závisí na to, jaké má záření frekvenci (energii fotonů), za což si následně vysloužil Nobelovu cenu za fyziku.

Vůbec první solární článek sestavil v roce 1884 americký vynálezce Charles Fritts. Tento první fotovoltaický článek byl vyroben ze seleninového polovodiče, který byl potažen velmi tenkou vrstvou zlata. Jeho účinnost se ovšem pohybovala kolem 1%. Jakožto náhražka za uhelné elektrárny pomocí takto nově vzniklé technologie nebyla zatím možná, ale našla uplatnění jakožto senzor při určování času expozice při fotografování. Takto se tento vynález používám až do roku 1960.

Vynálezce solárního článku takového, jak ho známe dnes, je americký inženýr Russell Ohl, který objevil P-N přechod. Objev solárního článku vznikl jako vedlejší produkt při výrobě tranzistorů. V té době se toto „zařízení“ nazývalo jako „světlocitlivé zařízení“ s účinností pohybující se okolo 5%. V roce 1946 si tento vynález nechal Russell Ohl patentovat.

Solární články na bázi křemíku se začaly vyrábět až v 50. letech 20. století. Když se přišlo na skutečnost, že křemíkový polovodič s různými příměsi výrazně reaguje na světlo.

Jedno z prvních větších využití solárních článků se ujal americký vesmírný program roku 1958. Solární moduly byly na družici Vanguard 1, takto byla družice napájena 7 let. Komerční využití solárních článků započalo až v 80. letech 20. století. Nicméně jejich výrobní náklady byly vysoké a účinnost se pohybovala okolo třiceti jedna procent teoretické hodnoty. [9; 10; 11; 12]



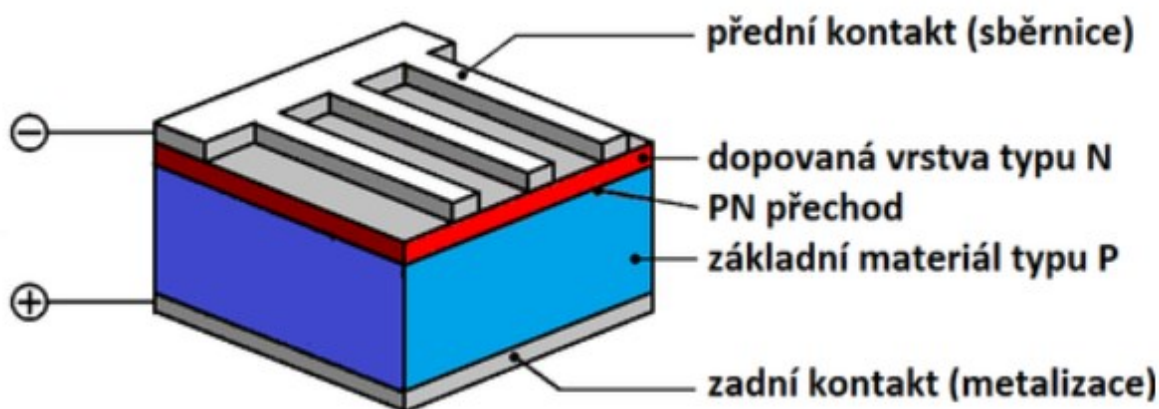
Obrázek 20 První solární panely na střeše budovy Ch. Frittse



## 2.2 Princip fotovoltaického jevu a vzniku elektřiny

Proto aby vznikla elektrická energie v solárním článku je potřeba přechod PN. Tento přechod musí být osvětlován sluneční energií. Samotný přechod je tvořen polovodičem typu P a polovodičem typu N. Na polovodič typu P se pomocí difuze fosforu napaří vrstva polovodiče typu N tenká přibližně 500 nm. Poté jsou na vrstvu N sítotiskem nanесeny úzké kontakty, proto aby byla tato vrstva schopna přijímat sluneční záření.

Kdybychom chtěli, aby tento přechod PN začal vyrábět elektrickou energii, tak ho vystavíme slunečnímu záření. Přechod začnou bombardovat fotony jejichž energie musí dosahovat alespoň 1,12 eV. To odpovídá infračervenému záření o vlnové délce 1105 nm. Takovýto foton poté předá svou energii atomům v krystalové mřížce, které uvolní elektrony. Ty se poté hromadí na pomezí polovodiče typu P a N. Elektrony, které se pomocí fotonu uvolnily v polovodičové vrstvě P poté můžou procházet přes přechod P-N a hromadit se ve vrstvě N, a tak zvyšovat napětí v dané vrstvě až na velikost pohybující se kolem 0,6 V. Pokud má foton větší energii než 1,12 eV tak v krystalu křemíku vznikne jeden volný elektron společně s jednou kladnou dírou a zbytková energie fotonu se poté promění v teplo, které ovšem zhoršuje účinnost samotného solárního článku. [16]



Obrázek 21 . Fotovoltaický článek

## 2.3 Rozdělení fotovoltaických článků

### Monokrystalické články

Tyto články tvoří jeden celistvý kus monokrystalického křemíku, který je nařezán na plátky. Panely vytvořené z těchto článků vykazují nejvyšší účinnosti, a to v současné době kolem 22%. Jedna z přednějších výhod monokrystalu je jeho stejnoměrnost, vyšší účinnost a zbarvení krystalu je homogenní. Další z výhod je jeho nižší teplotní koeficient, to znamená že když se panel zahřeje jeho účinnost tak rapidně neklesá jak například u polykrystalických panelů. [15; 16]



*Obrázek 22 Monokrystalický článek*

#### Polykrystalické články

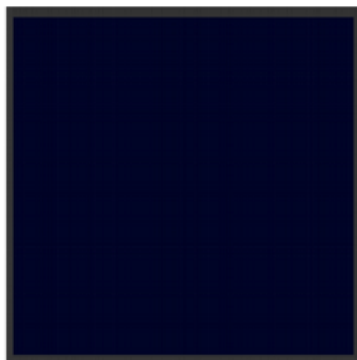
Tyto články jsou tvořeny větším počtem malých krystalů. Mají nižší účinnost než monokrystalické články a to mezi 12–16%. Jsou to nejpoužívanější články. Tyto články dokážou lépe využít rozptýlené světlo a nejsou tak citlivé na přesnou jižní orientaci.[15; 16]



*Obrázek 23 Polykrystalický článek*

#### Amorfní články

Amorfní články mají nejnižší účinnost z těchto tří, pohybující se od 8 do 10 procent. Struktura těchto článků je taková že je napařena tenká křemíková vrstva na sklo nebo folii. Jelikož mají tak malou účinnost je potřeba dvakrát až dva a půl krát větší plocha pro dosažení stejného výkonu jako u předchozím dvou článků. Jejich výhodou je ovšem teplotní koeficient, který klesá ještě pomaleji než u krystalických křemíku a nejsou tak náchylné na světelnou orientaci, napětí se na nich udržuje déle na stejné úrovni i při nižší intenzitě osvětlení.[15; 16]



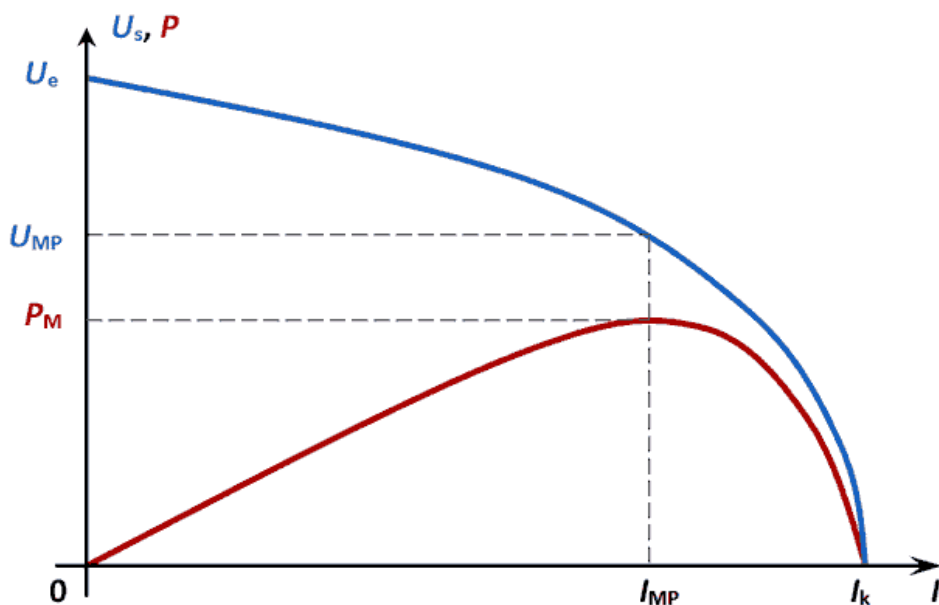
*Obrázek 24 Amorfní článek*

## 2.4 Fotovoltaický panel

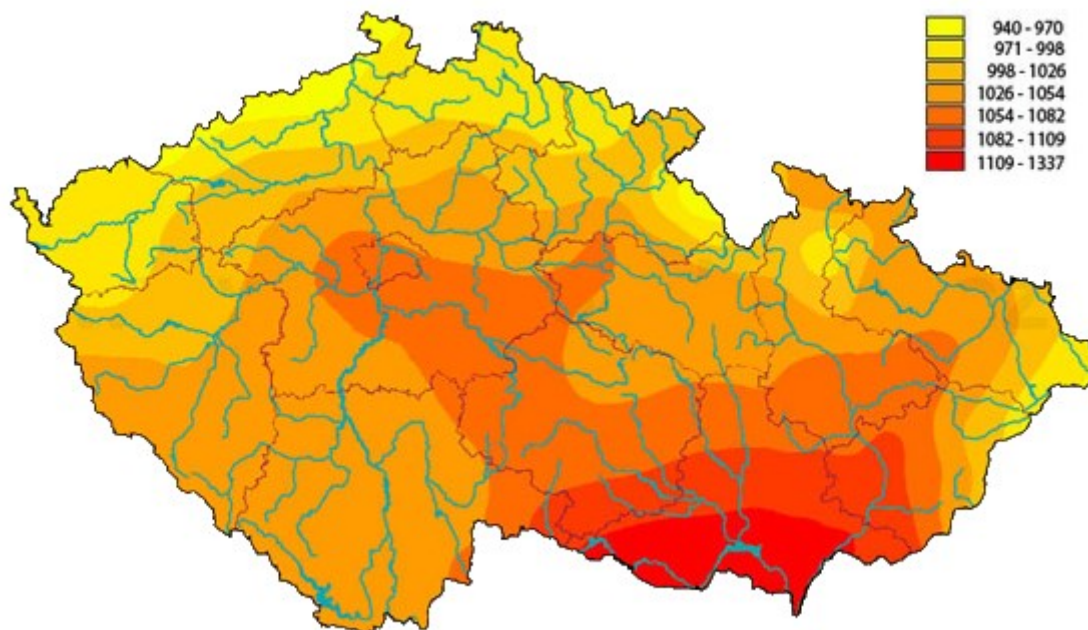
Jelikož je napětí solárního článku natolik malé, aby se dalo přímo využít. Je třeba tyto články spojit,  
1. Do série – pro zvýšení výstupního napětí

2. Paralelně – pro zvýšení výstupního proudu.

Nebo použít kombinaci těchto zapojení a vytvořit tak optimální nastavení výstupních parametrů. Panely se obvykle zapojí tak aby jejich výstupní napětí bylo 12V nebo 24 V. Proud je poté přímo úměrný dopadajícímu záření na panel. Životnost fotovoltaických panelů se obvykle pohybuje kolem třiceti let s přiměřenou degradací panelu cca 1% za rok.[15]



Obrázek 25 . Zatěžovací charakteristika fotovoltaického panelu



Obrázek 26 Roční úhrn slunečního záření v ČR [w/m²]

Tato sluneční mapa zobrazuje celoroční souhrn slunečního záření, které dopadá na Českou republiku. Celková doba slunečního svitu se pohybuje mezi 1400 a 1700 hodinami za rok. [17]

### 2.3 Fotovoltaika v ČR

Koncem 20. století se v ČR začaly používat ojediněle fotovoltaické systémy. Převážně se jednalo o ostrovní systém, kde nebylo možné připojit rozvodnou síť. Obvykle se jednalo o rekreační chaty nebo napájení měřících, popř. komunikačních zařízení.

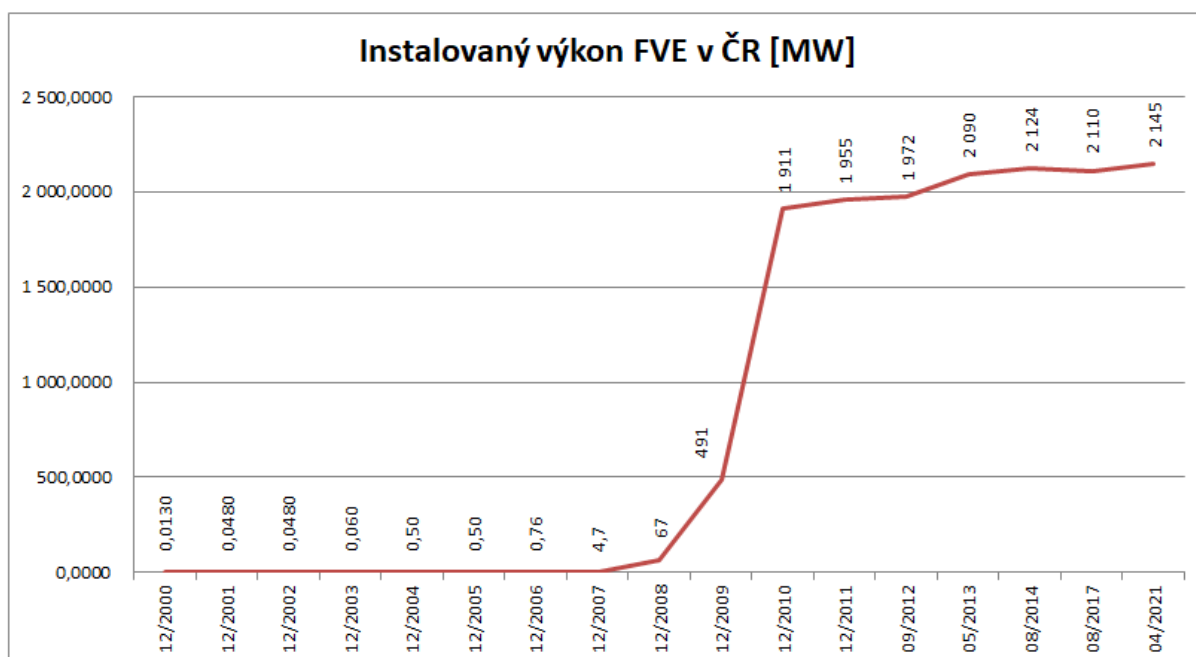
O první větší projekt se postarala společnost ČEZ v roce 1998, kdy postavila volně stojící /pozemní solární elektrárnu na hoře Mravenečník. Tato elektrárna dosahovala výkonu 10 kW, avšak později byla přestěhována k informačnímu centru jaderné elektrárny Dukovany (viz. Obr.3.2). V roce 2001 byl na budově Pražské energetiky ve Vršovicích spuštěn demonstrační fotovoltaický systém o výkonu 2,25 kW.

V roce 2000, se pomocí státního fondu životního prostředí vytvořil program „Slunce do škol“. Tehdy se na některých vysokých, středních i základních školách instalovaly fotovoltaické panely pro demonstraci studentům. Jejich součtový výkon se ovšem pohyboval mezi 80 a 100 kWp.



Obrázek 27 Fotovoltaická elektrárna Dukovany

V letech 2006 a 2007 se začaly přípravy a výstavba na vhodných plochách i samostatných pozemcích. Tyto stavby dosahovaly výkonu mezi 60 až 500 kWp ,který už začaly dodávat do sítě. Ke konci roku 2008 už dosáhl instalovaný výkon FVE cca 40 MWp.



Obrázek 28 Instalovaný výkon FVE v ČR

### 3 Zjednodušená bilance větrné elektrárny

K tomuto účelu byly poskytnuty data z větrné elektrárny. Data jsou z roku 2007, tudíž jsem použil výkupní cenu elektřiny 2,46 Kč/kWh.

Měsíc	Průměrná rychlost větru		Měsíční výkon	Výnos
	[m/s]		[kW]	[Kč]
Leden				
Únor	6,475		400,1	984
Březen	6,622		443,3	1090
Duben	5,914		430,2	1058
Květen	6,398		445,9	1097
Červen	5,742		433,0	1065
Červenec	6,463		449,4	1105
Srpen	5,382		451,4	1111
Září	6,546		439,0	1080
Říjen	6,880		455,3	1120
Listopad	7,412		442,4	1088
Prosinec	8,113		459,2	1130
Součet			4849,3	11929

$$W_m = 400,1 \text{ kWh}$$

$$W_r = \sum W_m = 4849,3 \text{ kWh}$$

$$V_m = W_m \cdot C_v = 400,1 \cdot 2,46 = 984 \text{ Kč}$$

$$V_r = \sum V_m = 11929 \text{ Kč}$$

$$k_r = \frac{W_r}{P_i \cdot 8760} = \frac{4849,3}{11,82 \cdot 8760} = 0,046 \doteq 4,68 \%$$

$$T_N = \frac{C}{V_r} = \frac{1000000}{11929} = 83,8 \doteq 84 \text{ let}$$

Z poskytnutých dat jsem spočítal měsíční výkon, který elektrárna vyrobí, a to tak že jsem vypočetl průměrnou hodinovou hodnotu a tu jsem poté vynásobil počtem hodin v měsíci. Tuto hodnotu jsem poté vynásobil cenou vykupované energie v roce 2007, abych dostal přibližný výdělek elektrárny za měsíc.

Pro zjištění využitelnosti elektrárny, které se vztahuje pro jeden rok, bylo potřeba sečíst všechny měsíční výkony, které se následně podělily instalovaným výkon a počtem hodin v roce. Tato hodnota vyšla necelých pět procent, ale je to hodnota zdánlivá, jelikož se elektrárna využívá pro demonstrační účely a pro studium. Tato větrná elektrárna by se tímto tempem sama zaplatila až za 84 roků. Kdy se ovšem změnilo její umístění tak se tato hodnota může dramaticky změnit.

## 4 Zjednodušená bilance fotovoltaické elektrárny

Výkupní ceny z portálu <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/21434-vyse-vykupnich-cen-a-zelenych-bonusu-pro-rok-2020>

Tabulka 1 Výkupní ceny energie

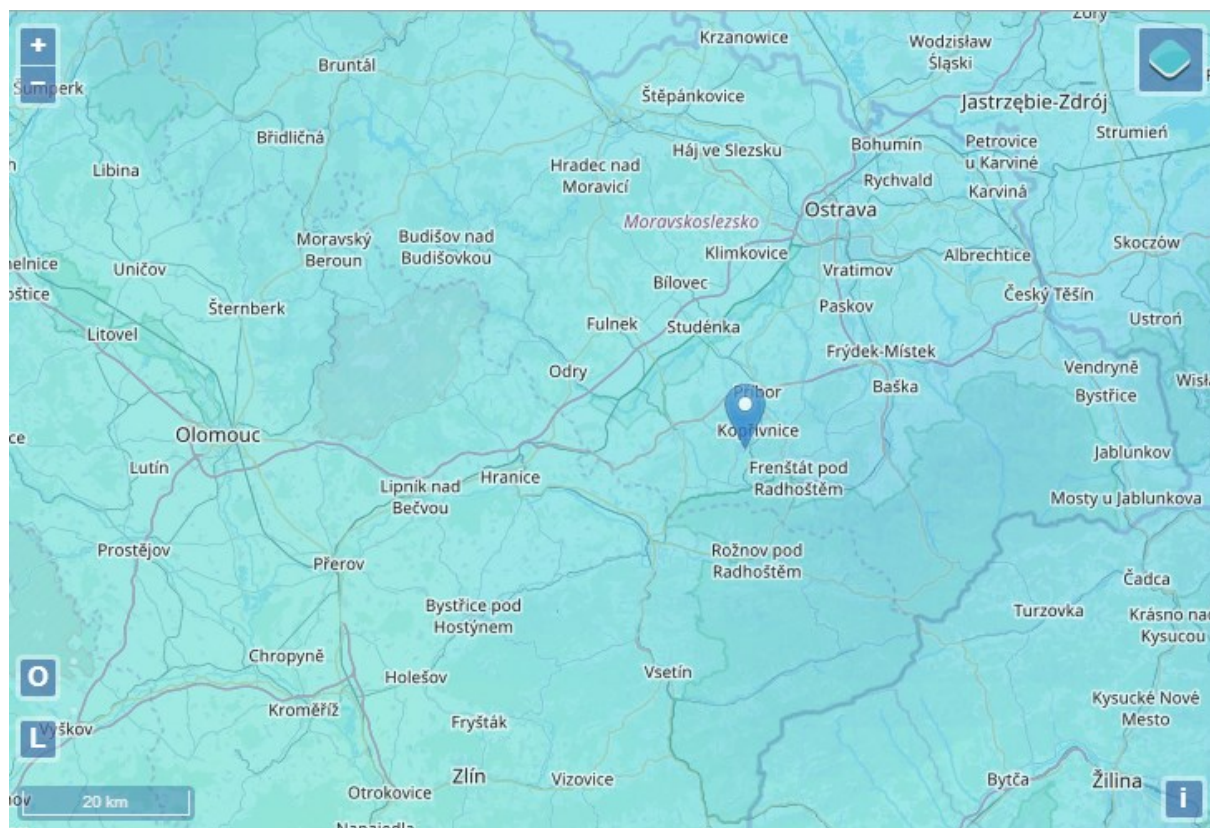
	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby [kW]		Jednotarifní pásmo provozování	
		od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)	Výkupní ceny [Kč/MWh]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
ř./sl.	a	b	c	d	e	l	m
500	Výroba elektřiny využitím slunečního záření	-	31. 12. 2005	-	-	8 353	7 282
501		1. 1. 2006	31. 12. 2007	-	-	17 529	16 458
502		1. 1. 2008	31. 12. 2008	-	-	17 096	16 025
503		1. 1. 2009	31. 12. 2009	0	30	16 040	14 805
504		1. 1. 2009	31. 12. 2009	30	-	15 922	14 851
505		1. 1. 2010	31. 12. 2010	0	30	14 939	13 704
506		1. 1. 2010	31. 12. 2010	30	-	14 821	13 750
507		1. 1. 2011	31. 12. 2011	0	30	8 963	7 728
508		1. 1. 2011	31. 12. 2011	30	100	7 054	5 983
509		1. 1. 2011	31. 12. 2011	100	-	6 573	5 502
510		1. 1. 2012	31. 12. 2012	0	30	7 219	5 984
511		1. 1. 2013	30.6.2013	0	5	3 917	2 682
512		1. 1. 2013	30.6.2013	5	30	3 252	2 017
513		1.7.2013	31. 12. 2013	0	5	3 434	2 200
514		1.7.2013	31. 12. 2013	5	30	2 794	1 559

Pozn. Výkupní cena energie společně se zelenými bonusy je v (Kč/MWh). Je třeba tyto jednotky podělit tisícem a počítat s hodnotou (Kč/kWh).



#### Konfigurace simulace:

- Výkupní cena za zelený bonus 1,559 Kč
- Výkupní cena za dodávku energie do sítě 2,794 Kč
- Výkon panelů 5kWp
- Ztráty systému 14%
- Náklon panelu 35°
- Panely jsou orientované na jih
- Pořizovací cena 197 000 Kč



Obrázek 29 Lokalita solární elektrárny

#### Provided inputs:

Latitude/Longitude: 49.577, 18.124  
Horizon: Calculated  
Database used: PVGIS-SARAH  
PV technology: Crystalline silicon  
PV installed: 5 kWp  
System loss: 14 %

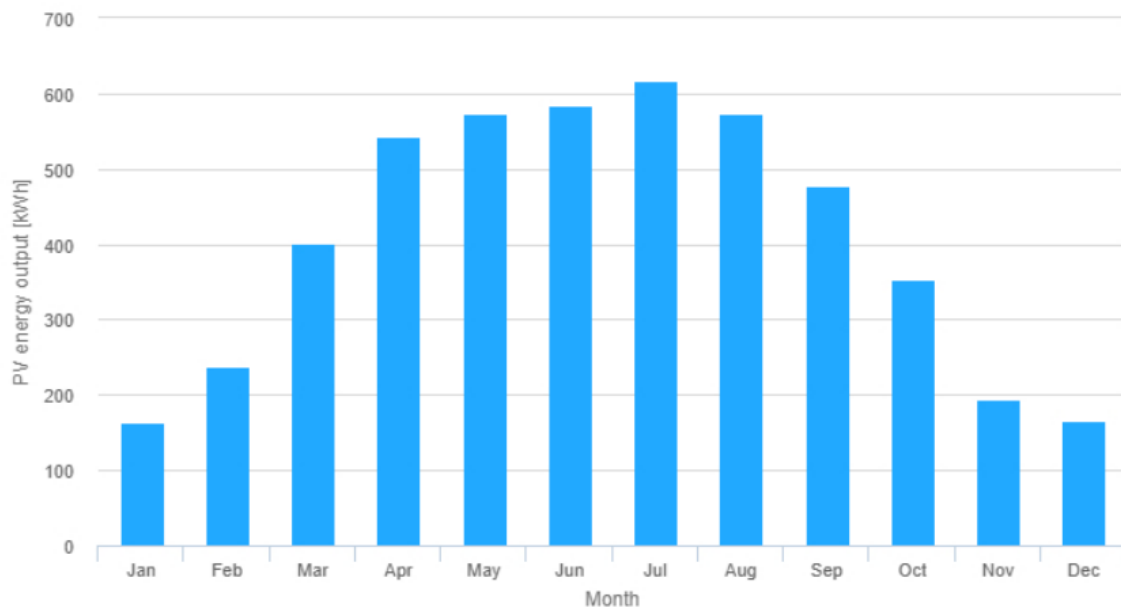
#### Simulation outputs

Slope angle: 35 °  
Azimuth angle: 0 °  
Yearly PV energy production: 4885.66 kWh  
Yearly in-plane irradiation: 1259.95 kWh/m²  
Year-to-year variability: 246.46 kWh  
Changes in output due to:  
Angle of incidence: -2.99 %  
Spectral effects: 1.63 %  
Temperature and low irradiance: -8.53 %  
Total loss: -22.45 %  
PV electricity cost [per kWh]: 3.715 per kWh

Obrázek 30 Zadané a vypočtené hodnoty simulace



## Monthly energy output from fix-angle PV system:



Obrázek 31 Graf průběhu vyrobené energie za rok používání

Tabulka 2 Roční výroba elektřiny

Měsíc	Vyrobena energie (kW)
Leden	163,3
Únor	237,5
Březen	401,1
Duben	543,2
Květen	573,4
Červen	584,3
Červenec	618,2
Srpen	573,8
Září	478,2
Říjen	353,5
Listopad	193,2
Prosinec	166
Celkem	4885,7

Tabulka 3 Souhrn energií a finančních prostředků za 15 let provozu

Rok	Vyrobena energie s poklesem o 1% za rok (kWh)	Zelený bonus (Kč)	Dodávka do sítě (Kč)
1	4885,7	7616,8	13650,6
2	4836,9	7540,7	13514,3
3	4788,1	7464,6	13378,0
4	4739,3	7388,6	13241,6
5	4690,5	7312,5	13105,3
6	4641,7	7236,4	12968,9
7	4592,9	7160,3	12832,6
8	4544,1	7084,3	12696,2
9	4495,3	7008,2	12559,9
10	4446,5	6932,1	12423,5
11	4397,7	6856,0	12287,2
12	4348,9	6779,9	12150,8
13	4300,1	6703,9	12014,5
14	4251,3	6627,8	11878,1
15	4202,5	6551,7	11741,8
Celkem	68161,5	106263,8	190443,2

Tabulka 4 Souhrn výnosu a návratnosti solární elektrárny

Vyrobená energie za 15 let provozu	Zelený bonus za 15 let	Dodávka do sítě za 15 let
68161,5 kWh	106 263,80 Kč	190 443,20 Kč
	Návratnost za zelený bonus	Návratnost za dodávku do sítě
	27,8 roku	15,5 roku

Závěr:

Technologie fotovoltaických systémů jde stále kupředu a bude čím dál tím více se rozrůstat. Jak můžeme vidět v tab.1 výkupní ceny energií šly strmě dolů. V roce 2006 a 2007 byly ceny za vykupování energie 17,5 Kč za kW·h a v případě zeleného bonusu to bylo 16,4 Kč za kW·h bez omezení instalovaného výkonu. V mém případě jsem volil instalovaný výkon 5kWp za pořizovací cenu 197 000 Kč. Při výpočtu jsem dospěl k závěru, že v tomto případě by byla výhodnější dodávka do sítě nežli zelený bonus, který mi garantoval návratnost skoro 28 let. Ovšem tato fotovoltaická elektrárna s touto konfigurací stačila vyrobit za 15 let 68 161 kW·h energie.

## 5 Varianta protokolu/projektu

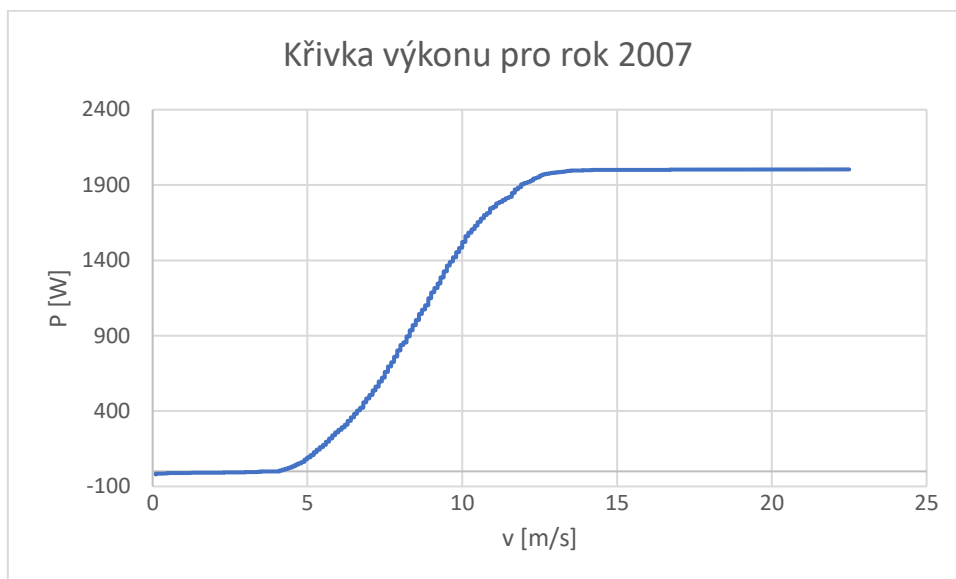
V souboru „data VTE“ naleznete naměřená data z větrné elektrárny.

V tomto projektu/protokolu je úkolem:

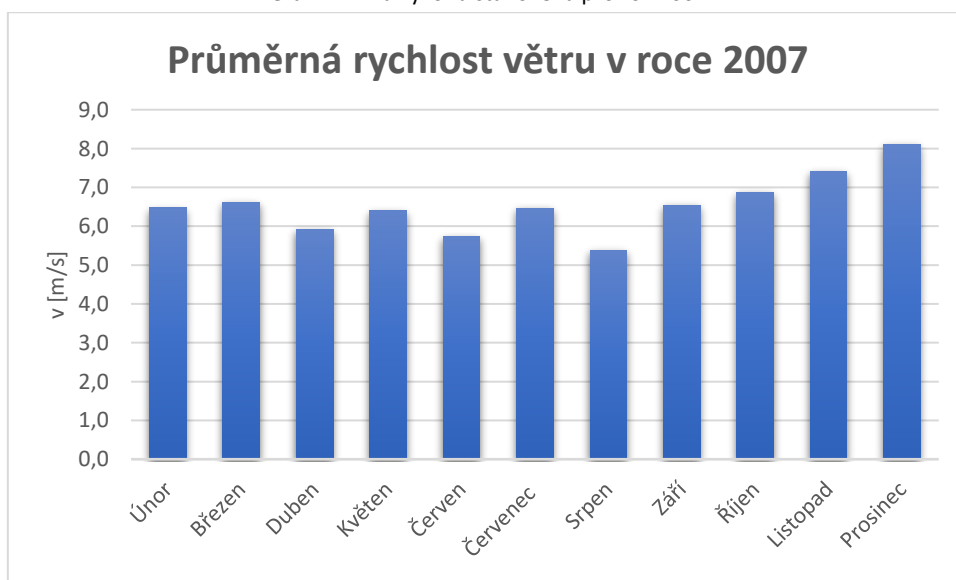
- Stanovit křivku výkonu v závislosti na rychlosti větru pro všechny čtyři roky.
- Vykreslit grafy průměrných měsíčních výkonu
- Vykreslit grafy průměrných měsíčních rychlostí větru
- Stanovit roční využitelnost větrné elektrárny, pro každý rok
- Vypočítat výnos elektrárny každý rok s prodejními cenami energií toho roku
- Závěrečné vyjádření k výsledkům

Pokud ovšem vlastníte malou domácí větrnou elektrárnu je možné dosadit si svá vlastní data a protokol/projekt zpracovat se svými hodnotami.

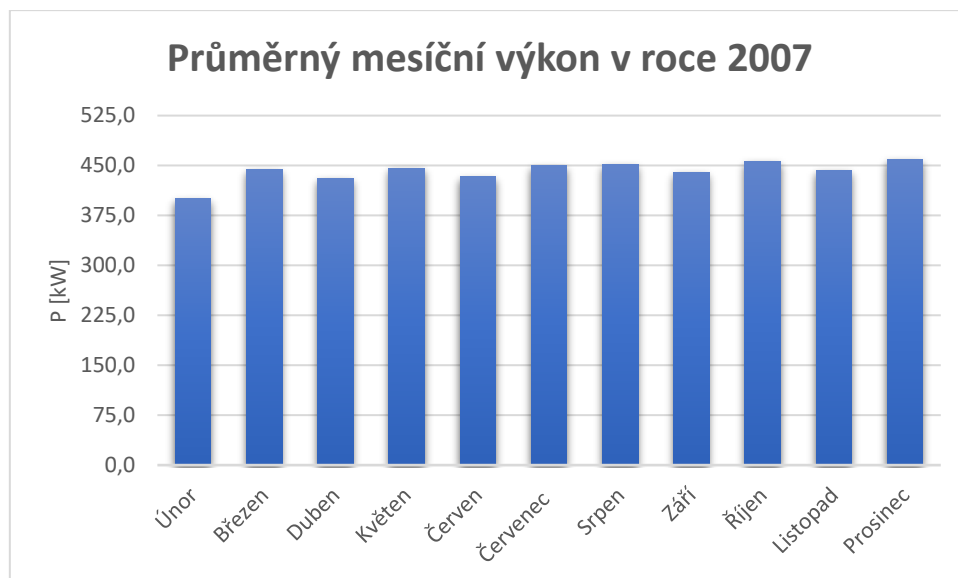
Rok 2007



Graf 1 Křivka výkonu stanovená pro rok 2007



Graf 2 Průměrná rychlost větru v roce 2007



Graf 3 Průměrný měsíční výkon v roce 2007

Tabulka 5 Tabulka vypočtených hodnot pro rok 2007

Měsíc	Průměrná rychlost větru	Průměrný hodinový výkon	Měsíční výkon	Výnos
	[m/s]	[kWh]	[kW]	[Kč]
Leden	-	-	-	-
Únor	6,5	0,595	400,1	984,3
Březen	6,6	0,596	443,3	1090,5
Duben	5,9	0,597	430,2	1058,3
Květen	6,4	0,599	445,9	1097,0
Červen	5,7	0,601	433,0	1065,3
Červenec	6,5	0,604	449,4	1105,5
Srpen	5,4	0,607	451,4	1110,5
Září	6,5	0,610	439,0	1079,8
Říjen	6,9	0,612	455,3	1120,1
Listopad	7,4	0,614	442,4	1088,3
Prosinec	8,1	0,617	459,2	1129,7
Součet			4849,3	11929,2

$$W_m = 400,1 \text{ kW}$$

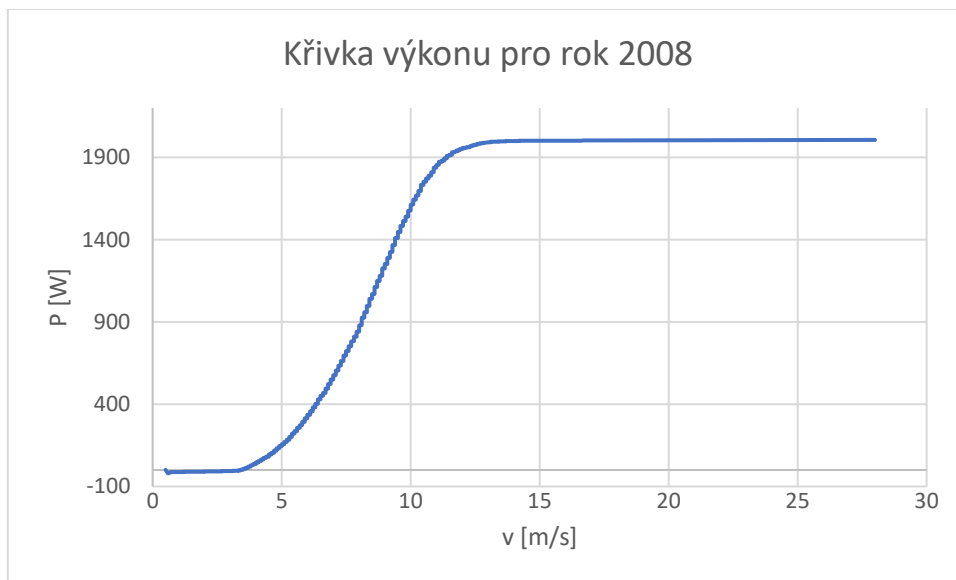
$$W_r = \sum W_m = 4849,3 \text{ kW}$$

$$V_m = W_m \cdot C_v = 400,1 \cdot 2,46 = 984 \text{ Kč}$$

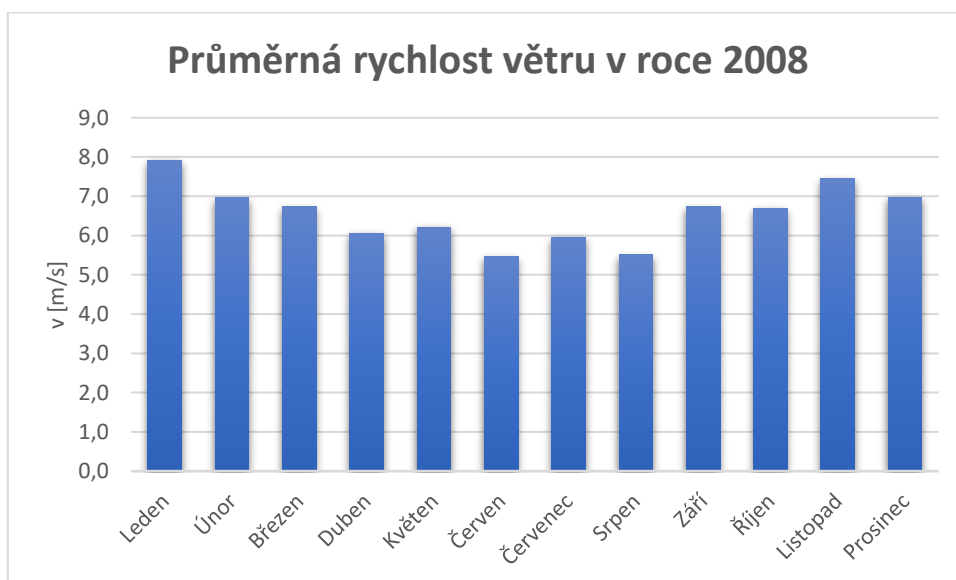
$$V_r = \sum V_m = 11929 \text{ Kč}$$

$$k_r = \frac{W_r}{P_i \cdot 8760} = \frac{4849,3}{11,82 \cdot 8760} = 0,046 \doteq 4,68 \%$$

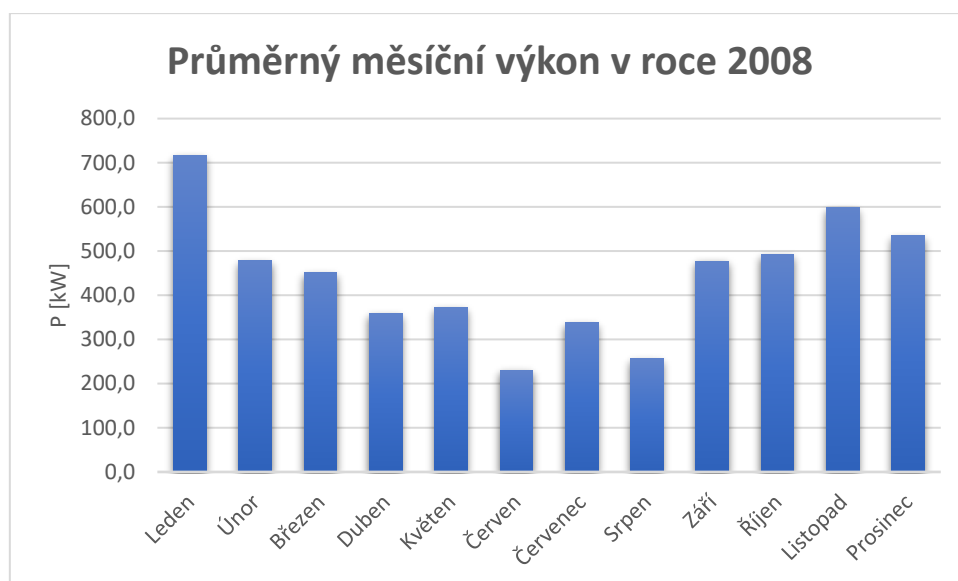
Rok 2008



Graf 4. Křivka výkonu stanovená pro rok 2008



Graf 5. Průměrná rychlost větru v roce 2008



Graf 6 Průměrný měsíční výkon v roce 2008

Tabulka 6 Tabulka vypočtených hodnot pro rok 2008

Měsíc	Průměrná rychlost větru	Průměrný hodinový výkon	Měsíční výkon	Výnos
	[m/s]	[kWh]	[kW]	[Kč]
Leden	7,9	0,962	716,0	1761,3
Únor	7,0	0,712	478,5	1177,2
Březen	6,7	0,606	450,9	1109,3
Duben	6,1	0,497	358,0	880,7
Květen	6,2	0,500	372,3	915,7
Červen	5,5	0,319	230,0	565,8
Červenec	6,0	0,455	338,1	831,8
Srpen	5,5	0,344	256,1	630,0
Září	6,7	0,662	476,8	1173,0
Říjen	6,7	0,660	491,2	1208,4
Listopad	7,4	0,831	598,2	1471,6
Prosinec	7,0	0,719	535,2	1316,5
Součet			5301,3	13041,2

$$W_m = 716 \text{ kW}$$

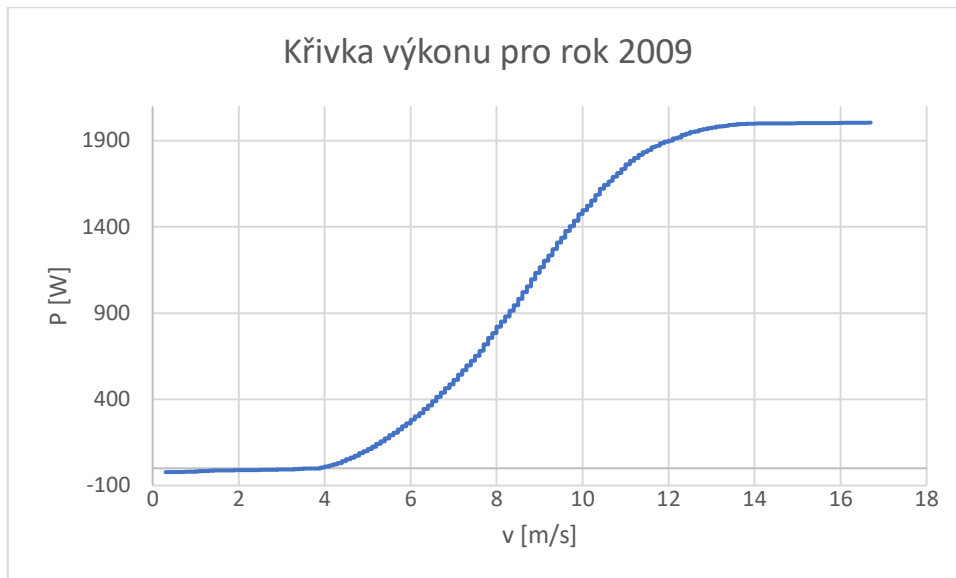
$$W_r = \sum W_m = 5301,3 \text{ kW}$$

$$V_m = W_m \cdot C_v = 716 \cdot 2,46 = 1761,3 \text{ Kč}$$

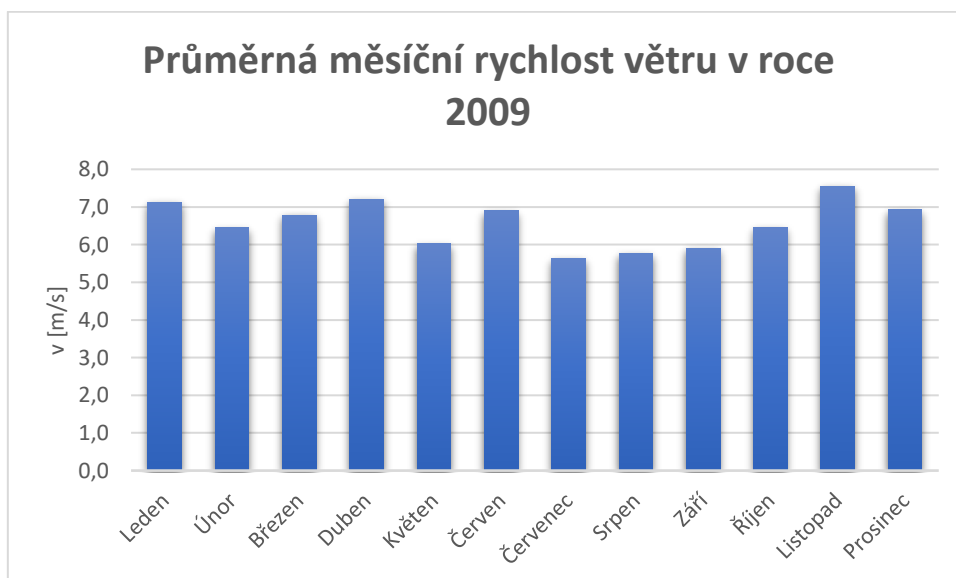
$$V_r = \sum V_m = 13041,2 \text{ Kč}$$

$$k_r = \frac{W_r}{P_i \cdot 8760} = \frac{5301,3}{11,82 \cdot 8760} = 0,0511 \doteq 5,11 \%$$

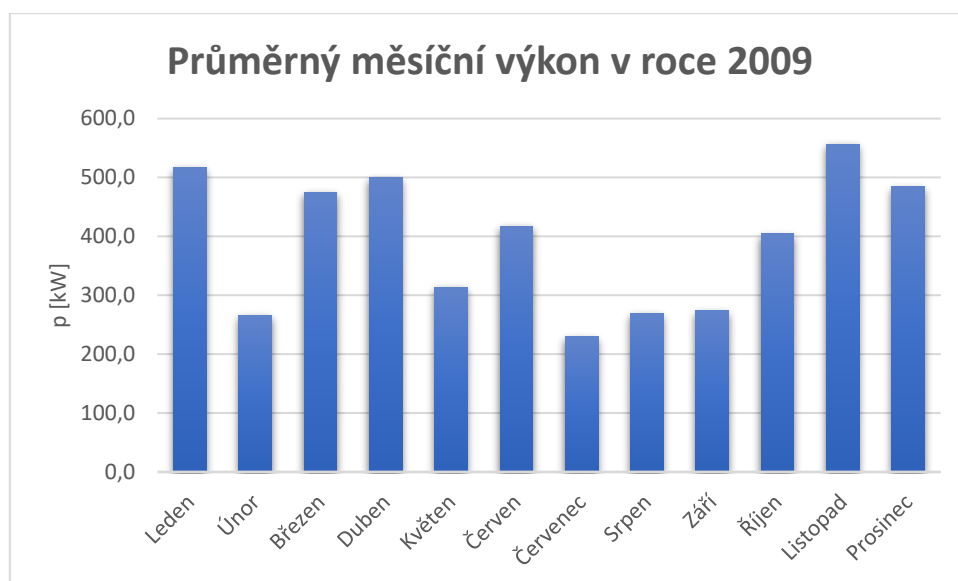
Rok 2009



Graf 7. Křivka výkonu stanovena pro rok 2009



Graf 8 Průměrná rychlost větru v roce 2009



Graf 9 Průměrný měsíční výkon v roce 2009

Tabulka 7 Tabulka vypočtených hodnot pro rok 2009

Měsíc	Průměrná rychlost větru	Průměrný hodinový výkon	Měsíční výkon [kW]	Výnos [Kč]
	[m/s]	[kWh]		
Leden	7,1	0,695	517,2	1210,2
Únor	6,4	0,397	266,5	623,5
Březen	6,8	0,639	475,3	1112,2
Duben	7,2	0,694	499,9	1169,8
Květen	6,0	0,421	313,4	733,5
Červen	6,9	0,580	417,4	976,7
Červenec	5,6	0,309	229,8	537,8
Srpen	5,8	0,362	269,1	629,8
Září	5,9	0,380	273,9	640,8
Říjen	6,4	0,543	404,1	945,6
Listopad	7,5	0,773	556,6	1302,4
Prosinec	6,9	0,652	484,9	1134,6
Součet			4708,1	11016,8

$$W_m = 517,2 \text{ kW}$$

$$W_r = \sum W_m = 4708,1 \text{ kW}$$

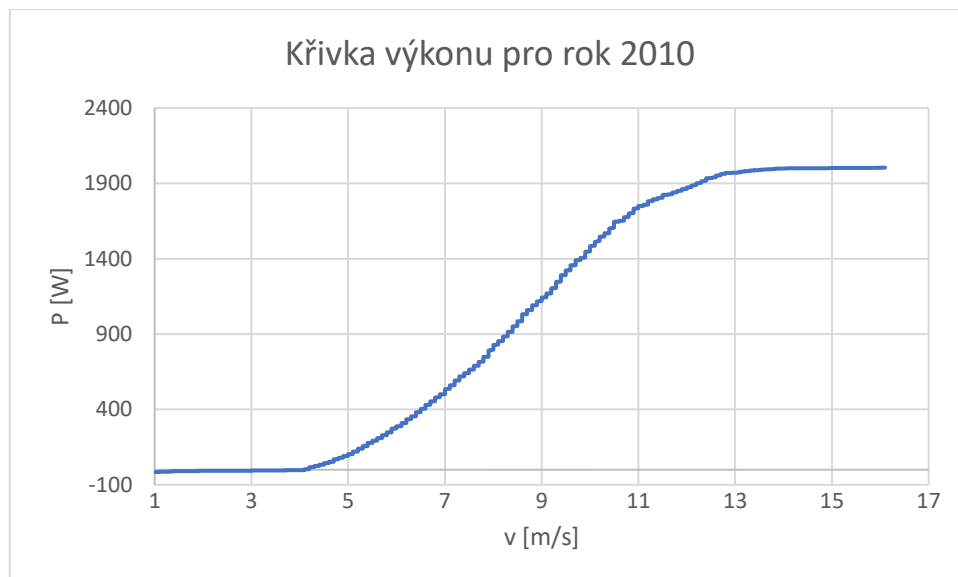
$$V_m = W_m \cdot C_v = 517,2 \cdot 2,34 = 1210,2 \text{ Kč}$$

$$V_r = \sum V_m = 11016,8 \text{ Kč}$$

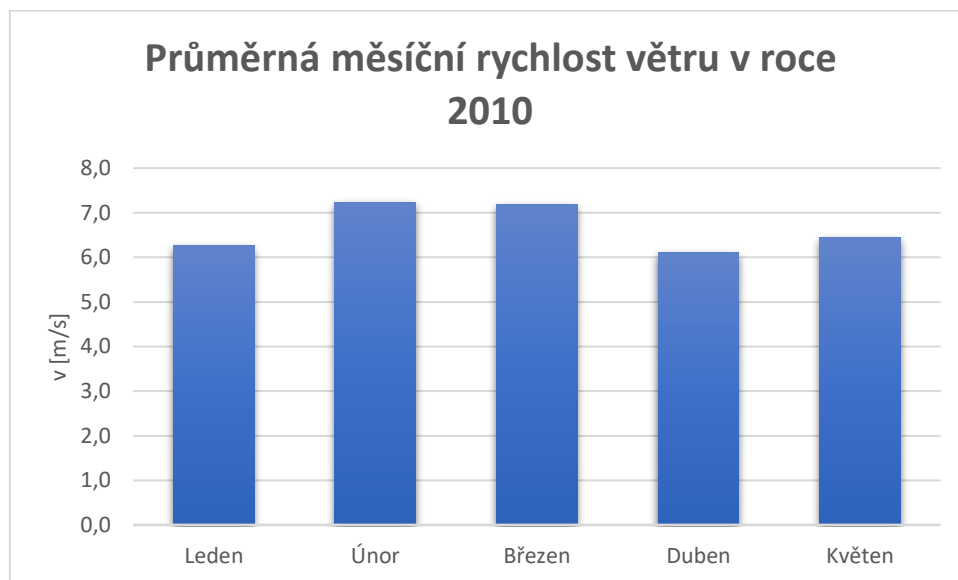


$$k_r = \frac{W_r}{P_i \cdot 8760} = \frac{4708,1}{11,82 \cdot 8760} = 0,0454 \doteq 4,54 \%$$

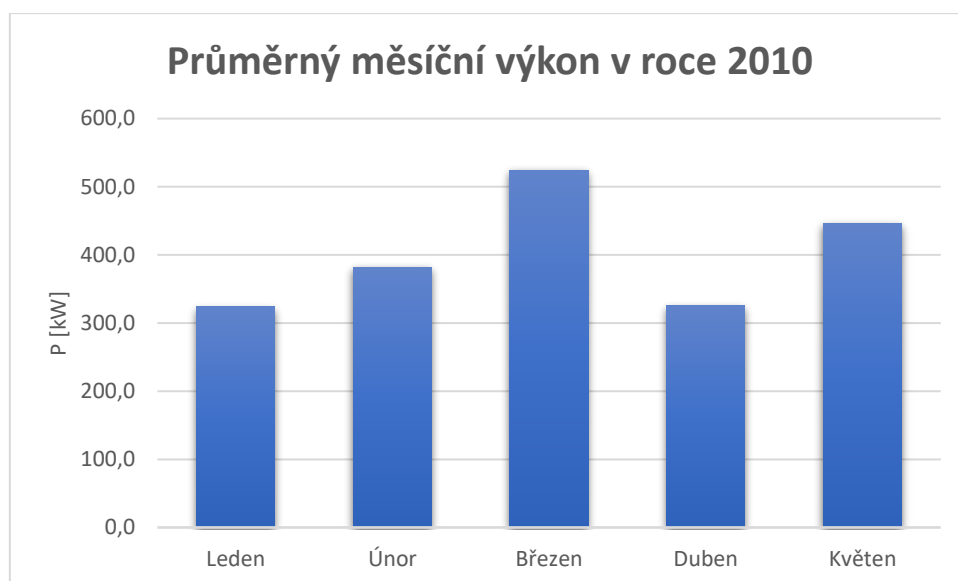
Rok 2010



Graf 10. Křivka výkonu stanovena pro rok 2010



Graf 11 Průměrná rychlost větru v roce 2010



Graf 12 Průměrný měsíční výkon v roce 2010

Tabulka 8 Tabulka vypočtených hodnot pro rok 2010

Měsíc	Průměrná rychlost větru	Průměrný hodinový výkon	Měsíční výkon	Výnos
	[m/s]	[kWh]	[kW]	[Kč]
Leden	6,3	0,436	324,1	722,7
Únor	7,2	0,568	382,0	851,8
Březen	7,2	0,705	524,5	1169,6
Duben	6,1	0,452	325,6	726,1
Květen	6,4	0,600	446,5	995,7
Součet			2002,6	4465,9

$$W_m = 324,1 \text{ kW}$$

$$W_{1-5} = \sum W_m = 2002,6 \text{ kW}$$

$$V_m = W_m \cdot C_v = 324,1 \cdot 2,23 = 722,7 \text{ Kč}$$

$$V_{1-5} = \sum V_m = 4465,9 \text{ Kč}$$

$$k_r = \frac{W_r}{P_i \cdot 8760} = \frac{2002,6}{11,82 \cdot 3624} = 0,0467 \doteq 4,67 \%$$

#### Závěr:

V tomto protokolu jsme měli za úkol z poskytnutých dat vytvořit pro každý rok křivku výkonu a grafy znázorňující velikosti výkonu a rychlosti větru během roku. Poté ke každému roku vypočítat kolik samotná elektrárna vynesla finančních prostředků a její roční využití instalovaného výkonu.

Z vypočtených hodnot je zřejmé že v roce 2008 byl vyrobený výkon největší oproti ostatních a to  $P=5301$  kW. V tomto roce je i nejvyšší využití samotného instalovaného výkonu  $k_r=5,11$  %.

V případě roku 2007 je vyrobená energie poněkud nižší, nicméně je to kvůli tomu že v datech nebyl započítaný první měsíc. Podobný případ je i u posledního roku 2010, tam byly data pouze do pátého měsíce. Výpočet využitelnosti byl tomu přizpůsoben a místo dosažení 8760 hodin za rok je dosažené 3624 což odpovídá pěti měsícům roku.

V průměru dle grafů 2, 5, 8, 11 se rychlost větru pohybovala kolem  $v=5$  m/s. Výkony se lišili od roční doby a tehdejších povětrnostních podmínek. Ale dá se přepokládat, že daná větrná elektrárna vyrobí v průměru 5000 kW energie každý rok, i v případě roku 2010 kdy za pět měsíců vyrobila 2000 kW energie a do konce roku je sedm měsíců zbývá.-

Co se týká výkupní ceny energie tak s postupem času klesala, v roce 2007 byla cena  $C_v= 2,46$  Kč/kWh, nicméně v roce 2010 tato cena klesla na  $C_v= 2,23$  Kč/kWh.

Celkové využití instalovaného výkonu této elektrárny se pohybuje vesměs kolem 5 %, ale kdybychom tuto elektrárnu přesunuli někde do větrnější oblasti, tato hodnota by se zvýšila.

## Závěr

V této bakalářské práci jsme se zpočátku dozvěděli něco o historii větrných elektráren, jejich druhy, z čeho se skládají a jak se konstruují. Jejich využití čím dál tím více roste, a ještě se bude rozrůstat.

V bodu o fotovoltaických elektrárnách se také nachází historie a postupný vývoj fotovoltaického článku. Popsané je jeho vznik a postupné vylepšování. Také zapojení první fotovoltaické elektrárny s účinností kolem 1%. Dále je popsány samotný P-N přechod fotovoltaického článku a vznik elektrické energie v něm. Dále je rozdělení a stručný popis různých druhů fotovoltaických článků, společně s jejichmi přibližnými účinnostmi, a jejich případnému umístění pro dosažení co největšího výkonu společně s efektivitou.

Ve zjednodušené bilanci větrné elektrárny se počítá s naměřenými daty, podle kterých se dá přibližně určit za jak dlouho se nám daná investice vrátí a jestli větrnou elektrárnu využíváme na co možná největší počet procent. V mém případě vyšla využitelnost elektrárny 4,68%, což není hodně a také se to projevilo na době návratnosti, která vyšla necelých 87 let.

V případě zjednodušené bilance fotovoltaické elektrárny se počítala už konkrétní zapojení na konkrétním místě. V mém případě byly využity webové stránky, které využívají solární mapu ČR a společně se zadanými parametry vypočítají velikosti výkonu pro každý měsíc v roce. Poté se sestaví tabulka a je možno si vypočítat přibližnou návratnost této nemalé investice. V mém případě by se mi vyplatilo energii dodávat do sítě. V souhrnném výpočtu návratnosti po patnácti letech provozu této elektrárny by ještě nebyla zcela zaplacená. V případě dodávky energie do sítě by se investice splatila po patnácti a půl letech. Na druhou stranu při využití zeleného bonusu by se elektrárna zaplatila až za skoro 28 let provozu.

V posledním bodě je návrh protokolu/projektu pro studenty, kteří budou muset spočítat např. celkovou roční výrobu el. energie, její využitelnost nebo její roční výnos v závislosti na výkupních cenách energií toho daného roku. Dále vykreslit výkonové křivky pro jednotlivé roky a roční průměry rychlosti větru a vyrobené elektrické energie. V závěru by se měli vyjádřit k spočítaným hodnotám a grafům.

## Seznam použitých zdrojů:

- [1] *Výroba listu VTE* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <http://www.spvez.cz/pages/OZE/fotovoltaika.htm>
- [2] *Betonový základ VTE* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://csve.cz/cz/clanky/vyroba-rotoroveho-listu-vetrne-elektrarny/315>
- [3] *Ocelový tubus stožáru* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://csve.cz/cz/clanky/ocelovy-tubusovy-stozar/229#prettyPhoto>
- [4] *Savoniova turbína* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://csve.cz/cz/clanky/ocelovy-tubusovy-stozar/229#prettyPhoto>
- [5] *Historie VTE* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/obnovitelne-zdroje-energie/vetrne-elektrarny-podrobne/vertikalni-savoniova-turbina/vyklad>
- [6] *Princip, rozdělení VTE* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/13452-vetrne-elektrarny-i-historie-do-roku-1975>
- [7] *Darrieova turbína* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/typy-elektraren/vetrne-elektrarny-princip-cinnosti-zakladni-rozdeleni>
- [8] *Převodovka VTE* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/obnovitelne-zdroje-energie/vetrne-elektrarny-podrobne/vertikalni-darrieova-turbina/vyklad>
- [9] *Historie FVE* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <http://www.spvez.cz/pages/OZE/fotovoltaika.htm>
- [10] *Historie FVE* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/95784>
- [11] *Historie FVE* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.obnovitelne.cz/clanek/53/1883-rok-kdy-byla-namontovana-prvni-stresni-solarni-elektrarna/>
- [12] *Historie FVE* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.obnovitelne.cz/clanek/53/1883-rok-kdy-byla-namontovana-prvni-stresni-solarni-elektrarna/>

- [13] *Fotovoltaické články* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/obnovitelne-zdroje-energie/slunecni-elektrarny-podrobne/fotovoltaicke-clanky-a-panely/vyklad>
- [14] *Fotovoltaický jev a P-N přechod* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/f8.htm>
- [15] *Typy panelů FVE* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.elektřinazeslunce.cz/faq-typy-solarnich-panelu>
- [16] *Druhy článku* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <http://remote-lab.fyzika.net/experiment/10/experiment-10-teorie.php?lng=cs>
- [17] *Záření v ČR* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>
- [18] *Komponenty VTE* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/typy-elektřaren/vetrne-elektřarny-princip-cinnosti-zakladni-rozdeleni>